

## 식도 동위 원소 검사와 24시간 식도 pH 검사와의 비교 연구

한양대학교 의과대학 소아과학교실, \*핵의학교실

위호성 · 김용주 · 설인준 · 최윤영\*

### Comparison between 24 hr pH Monitoring and Esophageal Scintigraphy in Children Presenting with Gastroesophageal Reflux Symptoms

Ho Sung Wi, M.D., Yong Joo Kim, M.D., Ph.D., In Joon Seol, M.D., Ph.D. and Yun Young Choi, M.D., Ph.D.\*

Departments of Pediatrics and \*Nuclear Medicine, College of Medicine, Hanyang University

**Purpose:** Many diagnostic modalities have been used for diagnosis of gastroesophageal reflux disease (GERD). Feeding materials during esophageal pH monitoring may interfere the result of examination and esophageal pH monitoring can not diagnose GER in case of alkaline reflux. The purpose of our study is to evaluate whether scintigraphy can substitute 24 hr pH monitoring in children with GERD.

**Methods:** From March 2002 to June 2003, 23 patients (12 boys and 11 girls, mean age 27 months) who have been admitted to Hanyang University Hospital presented with GER symptoms (recurrent vomiting, cough, chest pain, irritability) were included in the study. Scintigraphy and 24 hr pH monitoring were performed in all patients.

**Results:** Six out of the 23 patients (26.1%) had evidence of GER on 24 hr pH monitoring, whereas nine of 23 patients (39.2%) exhibited GER by scintigraphy. Two out of the 23 patients could not be tested because of irritability. Three (14.3%) patients had evidence of GER on both 24 hr pH monitoring and scintigraphy, three (14.3%) patients on only 24 hr pH monitoring, six (28.6%) patients on only scintigraphy, and nine (42.9%) patients had no evidence of GER on both methods. No correlation was observed between 24 hr pH monitoring and scintigraphic results by Fisher's exact test ( $p=0.523$ ) or Kendal's tau ( $t=0.678$ ).

**Conclusion:** The results of this study demonstrated that there was no correlation between 24 hr pH monitoring and scintigraphy. Therefore these modalities could be used as complementary tests to diagnose GERD. (Korean J Pediatr Gastroenterol Nutr 2004; 7: 163~169)

**Key Words:** Gastroesophageal reflux (GER), Scintigraphy, Esophageal pH monitoring, Children

접수 : 2004년 8월 27일, 승인 : 2004년 9월 22일

책임저자 : 김용주, 133-792, 경기도 구리시 교문동 249-1, 한양대구리병원 소아과 의국

Tel: 031-560-2250, Fax: 031-552-9493, E-mail: kyjoo@hanyang.ac.kr

## 서 론

위식도 역류는 영·유아에 있어서 흔한 질환으로 만삭아 보다는 미숙아에게서 발생률이 더 높고 생후 1개월 동안 증상을 나타내어 생후 4개월에 최고점을 이룬다<sup>1,2)</sup>.

위식도 역류를 진단하기 위해서 바륨을 이용한 식도 조영술, 식도압 측정, 24시간 식도 pH 검사, 식도 동위 원소 검사, 내시경 검사 등이 행해지고 있으나 소아에 있어서 각 검사 간의 비교·분석은 그리 많은 연구가 진행되고 있지 않다. 이중 24시간 식도 pH 검사는 높은 민감도(87~93.3%)와 특이도(92.9~97%)를 나타내면서 음식, 체위, 활동에 관계없이 자연스럽게 생리적 상태에서 시행되므로 위식도 역류를 진단함에 있어서 최적기준으로 생각하고 있다<sup>3,4)</sup>. 하지만 위식도 역류와 구토에 대한 감별이 모호하며 알칼리성 식도역류를 진단할 수 없고 탐침자를 24시간 동안 식도내에 위치시켜야 하므로 자극적이며 침습적이라는 단점이 있다<sup>5-7)</sup>.

반면 식도 동위 원소 검사는 높은 민감도(86%)와 함께 위식도 역류를 눈으로 확인할 수 있어 위식도 역류로 인한 폐흡인과 알칼리성 식도염을 진단할 수 있고 비침습적이라는 장점을 가지고 있다. 그러나 재현성이 부족하다는 단점이 있다<sup>7-9)</sup>.

위에 언급한 것과 같이 24시간 식도 pH 검사는 생리적이며 특이도가 높으나 탐침자를 식도내에 위치시켜야 하므로 침습적이며 자극적이어서 위식도 역류가 의심되는 소아의 경우 종종 협조가 되지 않아 검사할 수 없는 경우가 있는 반면 식도 동위 검사는 비침습적이고 민감도가 높으며 짧은 시간 안에 시행되므로 보채는 환아에 있어서 사용이 간편한 장점이 있다.

이에 두 검사 결과를 비교하여 식도 동위 원소 검사가 24시간 pH 검사를 대체할 수 있는지를 알아보았다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

2002년 3월 1일부터 2003년 6월 31일까지 반복적 구토, 만성기침, 보채, 흉통 등 위식도 역류가 의심되어 한양대 병원 소아과에 입원한 환아 23명(남자 : 여자=12 : 11)을 대상으로 하였다. 환자의 평균 연령은 27개월(1개월~9년 4개월)이었고 이들 모두는 24시간 식도 pH 검사와 식도 동위 원소 검사를 시행 받았다.

### 2. 방법

1) 24시간 식도 pH 검사: 24시간 식도 pH 검사의 기계는 Synetics Digitrapper Mk III를 사용하였고 탐침자는 antimony pH electrode를 사용하였다. 탐침자의 위치는 횡격막으로부터 상부 3번째 척추에 위치시켰으며 흉부 사진을 찍어 탐침자의 위치를 조정하였다. 산 역류(acid reflux)는 pH 4.0 미만으로 역류지수(RI: reflux index=위식도 역류 시간/총 검사 시간×100) 11.8% 이상인 경우를 위식도 역류가 있다고 정의하였다.

2) 식도 동위 원소 검사: 식도 동위 원소 검사는 <sup>99m</sup>Tc DTPA를 섞은 우유를 마시게 한 후 30분 동안 반듯이 누운 상태(supine position)에서 영상을 얻은 후 10분간 손으로 압박하여 얻은 역동적 영상(dynamic image)으로서 영상학적으로 식도 내에 방사능(radioactivity)이 관찰되는 경우를 위식도 역류가 있다고 정의하였고 핵의학 전문의에 의해 검사 결과가 판독되었다.

3) 통계: 24시간 식도 pH 검사와 식도 동위 원소 검사에 의해 역류가 관찰된 환자를 Fisher's exact test와 Kendall의 타우로 비교하였다. 24시간 pH 검사 동안 보채서 결과를 얻을 수 없었던 2명의 환아는 결과 분석에서 제외되었다.

## 결 과

### 1. 24시간 식도 pH 검사 결과

24시간 pH 검사 결과 23명의 환자 중 6명(26.1%)에서 유의한 위식도 역류가 관찰되었으며(acid reflux pH 4.0 미만으로 RI 11.8% 이상인 경우) 2명의 환아는 보채서 결과를 얻을 수 없었다(Table 1).

### 2. 식도 동위 원소 검사 결과

23명 중 9명(39.2%)의 환아에서 위식도 역류가 영상학적으로 관찰되었으며 이중 반듯이 누운 상태

(비 압박 상태)에서 6명, 압박 상태에서 2명의 환아에서 위식도 역류가 관찰되었고 1명은 양쪽에서 관찰되었다(Table 2).

### 3. 24시간 식도 pH 검사와 식도 동위 원소 검사 결과 비교

24시간 식도 pH 검사와 식도 동위 검사 모두에서 양성으로 나온 환아는 3명(14.3%), 모두 음성으로 나온 환아는 9명(42.9%)이었으며 24시간 식도 pH 검사에서만 양성으로 나온 환아는 3명(14.3%), 식도 동위 원소 검사에서만 양성으로 나온 환아는 6명(28.6%)이었다(Table 3). 식도 동위 원소 검사에서만 양성으로 나온 6명의 환아(2, 9, 14, 18, 19, 21번)에

Table 1. Results of 24 hr pH Monitoring Test

| No |                           | 24 hr pH monitoring |                        |                       |               |
|----|---------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|---------------|
|    |                           | RI*                 | LAR (min) <sup>†</sup> | DeMester <sup>‡</sup> | % time pH<4.0 |
| 1  | Negative <sup>§</sup>     | 0.6                 | 1                      | 1.8                   | 0.2           |
| 2  | Negative                  | 0.9                 | 24                     | 9.2                   | 2.1           |
| 3  | Negative                  | 1.6                 | 10                     | 9.8                   | 2.2           |
| 4  | Negative                  | 1.0                 | 1                      | 3.6                   | 0.6           |
| 5  | Negative                  | 3.1                 | 48                     | 59.1                  | 10.1          |
| 6  | Negative                  | 3.7                 | 19                     | 29.4                  | 7.9           |
| 7  | Negative                  | 3.0                 | 6                      | Incomplete            | 1.9           |
| 8  | Positive <sup>  </sup>    | 26.7                | 21                     | 96.4                  | 19.3          |
| 9  | Negative                  | 4.3                 | 22                     | 30.9                  | 7.4           |
| 10 | Positive                  | 11.8                | 19                     | 56.4                  | 13.7          |
| 11 | Positive                  | 11.8                | 7                      | 29.2                  | 3.4           |
| 12 | Positive                  | 106.2               | 25                     | 223.3                 | 36.4          |
| 13 | Positive                  | 24.7                | 13                     | 75.7                  | 15.4          |
| 14 | Negative                  | 1.0                 | 2                      | 4.5                   | 1.0           |
| 15 | Negative                  | 2.2                 | 5                      | 7.7                   | 1.4           |
| 16 | Negative                  | 2.9                 | 18                     | 13.8                  | 2.7           |
| 17 | Negative                  | 1.2                 | 3                      | 5                     | 1.2           |
| 18 | Negative                  | 0.6                 | 0                      | 1.7                   | 0.1           |
| 19 | Negative                  | 2.9                 | 3                      | 11                    | 2.6           |
| 20 | Positive                  | 7.7                 | 10                     | 32.7                  | 6.3           |
| 21 | Negative                  | 0.7                 | 0                      | 1.9                   | 0.1           |
| 22 | Invalid exam <sup>¶</sup> |                     |                        |                       |               |
| 23 | Invalid exam              |                     |                        |                       |               |

\*: Reflux index, <sup>†</sup>: Long acid reflux time, <sup>‡</sup>: DeMester score, <sup>§</sup>: No evidence of gastroesophageal reflux, <sup>||</sup>: Positive result of gastroesophageal reflux, <sup>¶</sup>: Data could not be collected because of irritability of child.

Table 2. Results of Scintigraphy

| Patient No. | Scan                  |               |                          |               |
|-------------|-----------------------|---------------|--------------------------|---------------|
|             | Non-compression*      |               | Compression <sup>†</sup> |               |
|             | Reflux                | No. of reflux | Reflux                   | No. of reflux |
| 1           | Negative <sup>‡</sup> | 0             | Negative                 | 0             |
| 2           | Negative              | 0             | Positive <sup>§</sup>    | 1             |
| 3           | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 4           | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 5           | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 6           | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 7           | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 8           | Positive              | 1             | Negative                 | 0             |
| 9           | Positive              | 3             | Negative                 | 0             |
| 10          | Negative              | 0             | Positive                 | 1             |
| 11          | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 12          | Positive              | 2             | Negative                 | 0             |
| 13          | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 14          | Positive              | 2             | Negative                 | 0             |
| 15          | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 16          | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 17          | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 18          | Positive              | 1             | Positive                 | 1             |
| 19          | Negative              | 0             | Positive                 | 1             |
| 20          | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 21          | Positive              | 2             | Negative                 | 0             |
| 22          | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |
| 23          | Negative              | 0             | Negative                 | 0             |

\*: Dynamic image on supine position for 30 minutes after drinking milk mixed 99mTc DTPA, <sup>†</sup>: Dynamic image for 10 minutes on manual compression of abdomen, <sup>‡</sup>: No evidence of gastroesophageal reflux, <sup>§</sup>: Positive result of gastroesophageal reflux.

서 증상이 심한 3명의 환아에게 항역류(anti-reflux) 제제를 투여했을 때 증상의 호전을 볼 수 있었다.

24시간 식도 pH 검사를 최적기준으로 잡았을 때 식도 동위 원소 검사의 양성률 음성 결과 자체를 비교 분석하였고 그 결과 식도 동위 원소 검사의 민감도와 특이도는 각각 50%, 60%였다. 두 검사 결과의 연관성을 알아보기 위해 시행한 Fisher's exact test 상

Table 3. Correlation of 24hr pH Monitoring and Scintigraphy

|                   |           | 24 hr pH monitoring test |            |             |
|-------------------|-----------|--------------------------|------------|-------------|
|                   |           | -                        | +          | Total       |
| Scintigraphy test | No Reflux | 9<br>42.9%               | 3<br>14.3% | 12<br>57.1% |
|                   | Reflux    | 6<br>28.6%               | 3<br>14.3% | 9<br>42.9%  |
| Total             |           | 15<br>71.4%              | 6<br>28.6% | 21<br>100%  |

$p$  value=0.523 (Fisher's exact test), Kendall's tau=0.678.

Table 4. Differences of Symptoms According to Results of 24 hr pH Monitoring and Scintigraphy

| Examination                         | No. of patient | Chief complaint (Number)                         |
|-------------------------------------|----------------|--|
| GER* on both pH monitoring and scan | 3              | vomiting (2) irritability (1)                    |
| GER on only pH monitoring           | 3              | vomiting (2) cough (1)                           |
| GER on only scan                    | 6              | vomiting (4) cough (2)<br>vomiting (6) cough (1) |
| No GER on pH monitoring or scan     | 9              | chest pain (1) irritability (1)                  |

\*: Gastroesophageal reflux.

$p=0.523$ , Kendall의 타우에서는 근사 유의 확률이 0.678이었다.

#### 4. 증상

위식도 역류가 의심되어 한양대 병원 소아과에 입원한 23명의 환자의 주증상은 반복적 구토(66.7%), 만성 기침(19%), 보챌(9.5%), 흉통(4.8%)이었으며 각 검사 결과에 따른 주요 증상은 아래와 같다(Table 4).

## 고 찰

위식도 역류질환은 소아에 있어서 흔한 문제이지만 이것을 진단하는 방법들 간의 비교는 많이 이루어지지 않았고 그 결과에 대한 일치점도 도출되지 못하였다. 그러나 위식도 역류를 진단하는 방법에는 각각의 특성을 가지고 있다.

바륨 식도 조영술은 유문 협착증, 장 이상 회전, 식도공 탈출(hiatal hernia), 식도 협착 등과 같은 해부학적 이상을 알아보는데 유용하나 위식도 역류를 진단함에 있어서 민감도와 특이도가 낮은 단점(24시간 식도 pH 검사와 비교했을 때 민감도 31~86%, 특이도 21~83%)이 있다<sup>10,11)</sup>. 내시경 검사는 식도 내 상피조직을 직접 볼 수 있을 뿐만 아니라 조직 생검을 할 수 있어 식도염의 유무와 중등도, 바렛(Barrett) 식도를 진단할 수 있고 크론씨병, 호산구 혹은 감염성 식도염을 감별할 수 있게 한다. 24시간 식도 pH 검사는 시행하는 동안 음식, 체위, 활동에 관계없이 자연스럽게 하루 동안의 산 역류의 빈도(episode of acidic reflux)를 기록하므로 생리적 상태에서 시행되는 장점과 함께 식도 역류와 증상과의 관계를 어느 정도 추정할 수 있고 높은 민감도(87~93.3%)와 특이도(92.9~97%)를 나타내 위식도 역류를 진단함에 있어서 최적기준이라고 생각하고 있다<sup>12,13)</sup>. 그러나 영아에서 식후 일어날 수 있는 비산성 역류(non-acidic reflux)를 감지할 수 없고 위식도 역류와 구토에 대한 감별의 어려움, 위식도 역류로 인한 흡인성 폐렴을 진단하지 못하는 맹점이 있다. 또한 탐침자를 24시간 동안 식도 내에 위치시켜야 하므로 침습적이며 환아에게 자극을 가한다는 단점이 있다. 식도 동위 원소 검사는 역류를 눈으로 확인할 수 있어 비산성 위 내용물의 역류와 위식도 역류로 인한 폐흡인을 진단할 수 있고 24시간 pH 검사에 비해 검사 시간이 짧고 비침습적이라는 장점을 가지고 있다. 그러나 1세 미만의 영아에 있어서 위식도 역류는 어느 정도 정상적인 현상이고 식후 2시간 내의 빈번한 위식도 역류조차도 정상일 수 있다는 가정 하에 식후 검사로서의 식도 동위 원소 검사는

임상적 의미를 결정하지 못할 수 있다<sup>14~16)</sup>.

Seibert 등<sup>8)</sup>은 1시간 식도 pH 검사와 식도 동위 원소 검사와의 연관성이 뛰어나다고 하였으며 그들은 또한 위식도 역류를 알아보는데 있어서 식도 동위 원소 검사의 능력이 24시간 식도 pH 검사와의 능력과 비슷하다고 하였다. 반면 Tolia 등<sup>5~7)</sup>은 식도 동위 원소 검사는 위가 가득찼을 때 주로 식후의 위식도 역류를 찾아낼 수 있는 반면 pH 감시법은 역류하는 음식에 의해 위산이 희석되므로 이 기간 동안의 위식도 역류를 감지하지 못한다고 하였다. 따라서 확장된(extended) 식도 pH 검사와 1시간 식도 동위 원소 검사(1h scintigraphy)와의 결과 사이에는 연관성이 없으며 서로 다른 검사 방법(modality)이므로 이 두 검사는 상호 보완적 검사로 시행하는 것이 위식도 역류 환자를 평가할 때 유용하다고 보고하였다.

본 연구에서는 반복성 구토, 만성 기침, 보챔, 흉통 등 위식도 역류가 의심되는 환아에서 24시간 식도 pH 검사와 식도 동위 원소 검사를 시행하여 식도 동위 원소 검사가 24시간 pH 검사를 대체할 수 있는지를 알아보았다.

24시간 식도 pH 검사에서 역류지수의 상한치는 0~11개월에서는 11.7%, 0~9세는 5.4%<sup>17~19)</sup>로 생각하고 있어 본 연구에서는 역류지수 11.8% 이상을 위식도 역류가 있는 것으로 생각하였고 식도 동위 원소 검사에서는 반듯이 누운 상태(비 압박 상태)와 압박 상태에서 1번 이상 역류가 관찰되었을 때를 위식도 역류 양성으로 정의하였다.

24시간 식도 pH 검사는 민감도와 특이도가 가장 높기 때문에 이 검사를 기준으로 식도 동위 원소 검사의 양성결과 음성결과 자체를 비교 분석하였다. 그 결과 위식도 역류를 진단함에 있어서 식도 동위 원소 검사의 민감도와 특이도는 각각 50%, 60%였으며 Fisher's exact test상  $p=0.523$ , Kendall의 타우에서는 근사 유의 확률이 0.678로 두 검사 결과간의 연관성은 관찰되지 않았다.

식도 동위 원소 검사에서만 양성으로 나온 6명의 환아(2, 9, 14, 18, 19, 21번) 중 증상이 심한 3명의 환아에게 항역류(anti-reflux) 체제를 투여했을 때 증

상의 호전을 볼 수 있어 위식도 역류 질환이 있는 것으로 생각하였다.

본 연구의 제한점은 환자의 수가 적고(n=21) 동일한 시간대에 24시간 식도 pH 검사와 식도 동위 원소 검사를 시행하지 못한 점과 식도 동위 원소 검사에서 압박을 하여 생리적이지 않은 상태에서 시행한 점이다. 결론적으로 식도 동위 원소 검사는 24시간 식도 pH 검사를 대체할 수 없고 폐흡인이 의심되는 환아나 비산성(non-acidic) 역류를 평가할 때 24시간 식도 pH 검사와 함께 시행하는 것이 가치가 있을 것으로 생각한다.

## 요 약

목 적: 위식도 역류는 소아에 있어서 흔한 질환으로 이를 진단하기 위해서는 여러 방법들이 사용되고 있다. 24시간 식도 pH 검사는 음식물에 의해 그 결과가 달라질 수 있으며 알칼리성 역류를 진단할 수 없다. 이 연구의 목적은 위식도 역류를 가진 환아에서 식도 동위 원소 검사가 24시간 pH 검사를 대체할 수 있는 지를 알아보기 위함이다.

방 법: 2002년 3월부터 2003년 6월까지 반복성 구토, 기침, 흉통, 보챌 등 위식도 역류가 의심되어 한양대 병원 소아과에 입원한 환아 23명(남 : 여=12 : 11, 평균연령 27개월)을 대상으로 24시간 pH 검사와 식도 동위 원소 검사를 시행하였다.

결 과: 24시간 식도 pH 검사 결과 23명의 환아 중 6명(26.1%)에서 유의한 위식도 역류가 관찰되었으며 2명의 환아는 보채서 결과를 얻을 수 없었다. 식도 동위 원소 검사 결과 23명 중 9명(39.2%)의 환아에서 위식도 역류가 영상학적으로 관찰되었다. 24시간 식도 pH 검사와 식도 동위 검사 모두에서 양성으로 나온 환아는 3명(14.3%), 모두 음성으로 나온 환아는 9명(42.9%)이었으며 24시간 식도 pH 검사만 양성으로 나온 환아는 3명(14.3%), 식도 동위 원소 검사에서만 양성으로 나온 환아는 6명(28.6%)이었다. 두 검사의 결과를 Fisher's exact test와( $p=0.523$ ) Kendall의 타우(근사 유의 확률=0.678)로 비교하였고 두 검사 간의 결과의 연관성은 관찰되지 않았다.

결 론: 24시간 식도 pH검사와 식도 동위 원소 검사는 연관성이 없고 서로 다른 방법의 검사이므로 이 두 검사는 상호 보완적으로 시행하는 것이 위식도 역류 환자를 진단할 때 유용하다.

## 참 고 문 헌

- 1) Nelson SP, Chen EH, Syniar GM, Christoffel KK. Prevalence of symptoms of gastroesophageal reflux during infancy. A pediatric practice-based survey. Pediatric Practice Research Group. Arch Pediatr Adolesc Med 1997;151:569-72.
- 2) Nelson SP, Chen EH, Syniar GM, Christoffel KK. Prevalence of symptoms of gastroesophageal reflux during childhood: a pediatric practice based survey. Pediatric Practice Research Group. Arch Pediatr Adolesc Med 2000;154:150-4.
- 3) Streets CG, DeMeester TR. Ambulatory 24-hour esophageal pH monitoring: why, when, what to do. J Clin Gastroenterol 2003;37:14-22.
- 4) Jamieson JR, Stein HJ, DeMeester TR, Bonavina L, Schwizer W, Hinder RA, et al. Ambulatory 24-h esophageal pH monitoring: normal values, optimal thresholds, specificity, sensitivity and reproducibility. Am J Gastroenterol 1992;87:1102-11.
- 5) Tolia V, Calhoun JA, Kuhns LR, Kauffman RE. Lack of correlation between extended pH monitoring and scintigraphy in the evaluation of infants with gastroesophageal reflux. J Lab Clin Med 1990;115:559-63.
- 6) Tolia V, Kauffman RE. Comparison of evaluation of gastroesophageal reflux in infants using different feedings during intraesophageal pH monitoring. J Pediatr Gastroenterol Nutr 1990;10:426-9.
- 7) Tolia V, Kuhns L, Kauffman RE. Comparison of simultaneous esophageal pH monitoring and scintigraphy in infants with gastroesophageal reflux. Am J Gastroenterol 1993;88:661-4.
- 8) Seibert JJ, Byrne WJ, Euler AR, Latture T, Leach M, Campbell M. Gastroesophageal reflux-the acid test: scintigraphy or the pH probe? AJR Am J Roentgenol 1983;140:1087-90.
- 9) Gonzalez Fernandez F, Arguelles Martin F, Rodriguez de Quesada B, Gonzalez Hachero J, Valls Sanchez de Puerta A, Gentles M. Gastroesophageal scintigraphy: a useful screening test for GE reflux. J Pediatr

- Gastroenterol Nutr 1987;6:217-9.
- 10) Thompson JK, Koehler RE, Richter JE. Detection of gastroesophageal reflux: value of barium studies compared with 24-hr pH monitoring. *AJR Am J Roentgenol* 1994;162:621-6.
- 11) Chen MY, Ott DJ, Sinclair JW, Wu WC, Gelfand DW. Gastroesophageal reflux disease: correlation of esophageal pH testing and radiographic findings. *Radiology* 1992;185:483-6.
- 12) Demeester TR, Wang CI, Wernly JA, Pellegrini CA, Little AG, Klementsich P, et al. Technique, indications and clinical use of 24 hour esophageal pH monitoring. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980;79:656-70.
- 13) Schindlbeck NE, Heinrich C, Konig A, Dendorfer A, Pace F, Muller-Lissner SA. Optimal thresholds, sensitivity, and specificity of long-term pH-metry for the detection of gastroesophageal disease. *Gastroenterology* 1987;93:85-90.
- 14) Vandenplas Y, De Wolf D, Deneyer M, Sacre L. Incidence of gastroesophageal reflux in sleep, awake, fasted and postcibal periods in asymptomatic and symptomatic infants. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1988;7:177-80.
- 15) Sondheimer JM. Gastroesophageal reflux: update on pathogenesis and diagnosis. *Pediatr Clin North Am* 1988;35:103-16.
- 16) Hillemeier AC, Lange R, McCallum R, Seashore J, Gryboski J. Delayed gastric emptying in infants with gastroesophageal reflux. *J Pediatr* 1981;98:190-3.
- 17) Euler AR, Byrne WJ. Twenty-four-hour esophageal intraluminal pH probe testing: a comparative analysis. *Gastroenterology* 1981;80:957-61.
- 18) Sondheimer JM. Continuous monitoring of distal esophageal pH: a diagnostic test for gastroesophageal reflux in infants. *J Pediatr* 1980;96:804-7.
- 19) Boix-Ochoa J, Lafuenta JM, Gil-Vernet JM. Twenty-four hour esophageal pH monitoring in gastroesophageal reflux. *J Pediatr Surg* 1980;15:74-8.